

## **II-174 - CARACTERIZAÇÃO E APLICABILIDADE DO LODO GERADO NOS REATORES UASB DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA UFLA**

**Matheus de Sá Farias<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Mestrando em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas no Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento (DRS/UFLA).

**Ronaldo Fia<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Doutor em Engenharia Agrícola pela UFV. Professor Associado no DRS/UFLA.

**Gabriela Rezende de Souza<sup>(3)</sup>**

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Mestre e doutoranda em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas no DRS/UFLA.

**Mateus Pimentel de Matos<sup>(4)</sup>**

Engenheiro Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre em Recursos Hídricos e Ambientais no programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela UFV. Doutor em Saneamento no Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Professor Adjunto no DRS/UFLA.

**Dyego Maradona Ataíde de Freitas<sup>(5)</sup>**

Engenheiro Ambiental pelo Centro Universitário Salesiano São Paulo (UNISAL). Mestre em Tecnologias e Inovações Ambientais pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Engenheiro Ambiental da UFLA.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Sete de Setembro, 55 - Centro - Lavras - MG - CEP: 37200-000 - Brasil - Tel: (31) 9 9239-5748 – e-mail: matheusfarias.engambiental@gmail.com

### **RESUMO**

O lodo de esgoto é um dos subprodutos gerados durante o tratamento de águas residuárias e deve receber o gerenciamento adequado, visto que é um resíduo sólido. A disposição mais comum para o lodo de esgoto doméstico é em aterros sanitários, no entanto a aplicação agrícola do biossólido é uma excelente alternativa, apresentando vantagens ambientais e econômicas. No entanto, devido ao risco de contaminação, a sua incorporação no solo deve receber monitoramento dos efeitos ambientais e agrônômicos. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo caracterizar o lodo proveniente do reator UASB da estação de tratamento de esgoto sanitário da UFLA por meio de análises físico e químicas, com vista à proposição de uso como fertilizante agrícola. De cada um dos seis reatores UASB da ETE, foi realizada uma coleta de 20 litros de lodo na qual foi retirada uma pequena amostra composta para a sua caracterização *in natura* quanto a condutividade elétrica (CE), pH, sólidos (ST, STF, STV), Fósforo (P), nitrogênio total kjeldahl (NTK), carbono orgânico total (COT) e matéria orgânica (MO). O volume total de lodo foi reservado em um recipiente de polietileno de 1.000 Litros, homogeneizado e deixado em local coberto e ventilado, na área da ETE, para secagem. Após 49 dias, foi realizada a segunda caracterização do lodo, quando atingiu teor de água próximo de 60%. Após alcançar teor de água próximo de zero, foi realizada nova coleta do lodo e analisados os parâmetros de Fósforo (P), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Manganês (Mn), Cobre (Cu), Zinco (Zn), Cromo (Cr), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Ferro (Fe), Alumínio (Al), Potássio (K), Sódio (Na), Níquel (Ni) e Enxofre (S). Os resultados relevaram um lodo rico em nutrientes e em matéria orgânica. Com a redução do teor de água, as concentrações de CE, COT, MO, P, ST, STF e STV aumentaram e os valores de pH e NTK decresceram, como resultado da decomposição da matéria orgânica. Para as substâncias inorgânicas avaliadas (Cd, Pb, Cu, Cr, Ni e Zn), o lodo da ETE-UFLA apresenta baixas concentrações, atendendo aos limítrofes propostos pela Resolução CONAMA 375/2006 para uso agrícola.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lodo de esgoto, Disposição, Poluição do solo, Adubação orgânica.

## **INTRODUÇÃO**

O tratamento de esgoto tem como principal função adequar as águas residuárias geradas em diversos processos aos padrões de lançamento, de forma que o efluente possa ser disposto em corpos receptores sem causar danos ao meio ambiente. Sendo assim, são adotadas técnicas de engenharia nas estações de tratamento de esgoto (ETE), nas quais podem ser utilizadas diversas etapas e tipos de tratamento específicos conforme características do efluente, tendo como um dos subprodutos do processo, uma massa denominada lodo de esgoto.

Em função do alto desempenho na remoção de sólidos e carga orgânica, reatores UASB têm sido largamente utilizados em ETEs, tendo diversas vantagens, como a não necessidade do descarte contínuo de biomassa. Além disso, dado o potencial nutritivo do lodo de esgoto, por ser rico em matéria orgânica e nutrientes, diversas alternativas de tratamento e disposição têm sido desenvolvidas para esse subproduto.

Apesar do alto teor de umidade, lodos de esgoto são considerados resíduos sólidos e devem ser gerenciados de forma a garantir as premissas da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010). A ausência de tratamento adequado do lodo de esgoto e sua destinação incorreta podem provocar impactos ambientais negativos, como a contaminação do solo e das águas, além de efeitos não desejados à saúde da população.

Para um melhor gerenciamento do lodo de esgoto é necessário que o mesmo siga um processo de tratamento independentemente da disposição final que se dará a este resíduo. Este tratamento é dividido basicamente nas seguintes etapas: adensamento, digestão ou estabilização, condicionamento, desaguamento ou desidratação, higienização e disposição final. A disposição do lodo de esgoto doméstico se dá, em geral, em aterros sanitários; no entanto, outras alternativas tecnicamente viáveis têm sido propostas, como sua incorporação em materiais de construção (fabricação de tijolos e cerâmicas), na recuperação de áreas degradadas, construção de telhados verdes, pavimentação ou como fertilizante, por aplicação controlada no solo (SAMPAIO et al., 2012; BONINI, ALVES, MONTANARI, 2015; AREIAS et al., 2017).

Diante do conhecimento do aumento da população universitária pelo processo crescente de expansão de novos cursos e do quadro de docentes e técnicos administrativos; da expansão da rede coletora de esgoto destinada à estação de tratamento de esgotos da Universidade Federal de Lavras (ETE-UFLA); e da necessidade de realizar estudos sobre quantificação e caracterização do lodo gerado pela instituição, se faz necessário a realização de pesquisas e proposição de destinação do lodo de esgoto gerado na ETE-UFLA.

É muito comum que os projetos de ETEs omitam o tema da gestão de resíduos. Por essa razão, alternativas inadequadas de disposição final têm sido adotadas, comprometendo os benefícios dos investimentos realizados nos sistemas de esgotamento sanitário.

## **OBJETIVO**

Este trabalho teve como objetivo caracterizar o lodo proveniente do UASB da estação de tratamento de esgoto sanitário da UFLA por meio de análises físico e químicas, com vista à proposição de uso como fertilizante agrícola.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O lodo utilizado no experimento foi proveniente da ETE-UFLA, projetada para tratar o efluente gerado na própria instituição, tais como sanitários, restaurante universitário (após passagem por flotor), cantinas, laboratórios (sem resíduos químicos que são coletados separadamente), entre outros. O efluente tratado na ETE-UFLA é coletado e destinado a duas estações elevatórias. A primeira (EEE-Goiabeiras) começou a operar em 2011, com metade da atual vazão de esgotos. Em 2017, a segunda elevatória (EEE-Veterinária) entrou em operação. Atualmente, a ETE-UFLA recebe diariamente cerca de 160 m<sup>3</sup> de esgoto.

O sistema de tratamento de efluentes implantado na ETE é composto pelas seguintes unidades (operantes atualmente): gradeamentos grosseiro e fino; medidor de vazão tipo Calha Parshall (entrada); caixa separadora de gordura; estação elevatória interna; duas caixas distribuidoras de vazão; seis reatores anaeróbios de manta de lodo e fluxo ascendente (UASB); seis filtros biológicos aerados submersos (FBAS); quatro filtros rápidos de

areia descendentes (FRD); clorador, unidade de tratamento por radiação ultravioleta; e medidor de vazão tipo Calha Parshall (saída). O lodo é encaminhado para dois filtros prensa.

No dia 6 de março de 2018, de cada um dos seis reatores UASB da ETE, foi realizada uma coleta de 20 litros de lodo da camada mais inferior (base do reator). O conteúdo foi reservado em um recipiente de polietileno de 1.000 Litros, homogeneizado e deixado em local coberto e ventilado, na área da ETE, para secagem, processo que se deu por 49 dias.

Do lodo coletado foi obtida uma amostra composta e retirada uma pequena alíquota de 500 mL para caracterização do lodo in natura (Estágio 1), mediante análises em triplicata de: condutividade elétrica (CE), em extrato lodo:água na relação 1:1 (v/v), por potenciometria; pH em água, em extrato lodo:água, na relação 1:2,5 (v/v), por potenciometria; sólidos totais (ST), sólidos totais fixos (STF) e sólidos totais voláteis (STV), por gravimetria; umidade, por gravimetria; fósforo total (P), por colorimetria, pelo método do vanadomolibdato; nitrogênio total kjeldahl (NTK), método semimicro Kjeldahl; carbono orgânico total (COT), por oxidação química a quente; matéria orgânica (MO), multiplicando o teor de COT por 1,724 (EMBRAPA, 2009).

No dia 24 de abril, após 49 dias de secagem, foi realizada a segunda coleta (cerca de 300 mL de material – Estágio 2) e caracterização do lodo, quando atingiu umidade de 60%. Foram conduzidas as mesmas análises realizadas para caracterização do lodo in natura.

Após 63 dias de secagem a sombra, foi enviada uma amostra de 500 g de lodo para realização de análises químicas quanto aos parâmetros de Fósforo (P), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Manganês (Mn), Cobre (Cu), Zinco (Zn), Cromo (Cr), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Ferro (Fe), Alumínio (Al), Potássio (K), Sódio (Na), Níquel (Ni) e Enxofre (S). Essas análises químicas foram realizadas no Departamento de Ciência do Solo (DCS), pertencente à UFLA, seguindo a metodologia da Embrapa (2009).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estão representados na Tabela 1 os resultados obtidos para a caracterização física e química do lodo nas duas condições: in natura e após 49 dias de secagem.

O lodo in natura, estágio 1, apresentou pH próximo da neutralidade, corroborando com resultados obtidos por Santos et al. (2017). No estágio 2, no entanto, o pH do lodo se apresentou muito ácido, atingindo valor médio de 3,6. Barbosa et al. (2007) encontraram valor de pH similar (3,1) durante a caracterização do lodo de esgoto proveniente de ETE da Sanepar, em Londrina, Estado do Paraná. Maio et al. (2011), avaliando lodo de esgoto de uma ETE da COPASA, em Juramento – MG, para adubação, encontraram valores de pH em água médio de 4,4. A redução do pH ao longo do tempo de retenção no leito de secagem é consequência da atividade microbiana, na qual, durante o processo de decomposição, ocorre a quebra de material orgânico complexo em ácidos orgânicos intermediários, o que resulta na diminuição desse pH, tal como observado por Santos et al. (2017).

Moretti, Bertoncini e Junior (2015) encontraram valores de pH (7,8), CE (1.887 mS cm<sup>-1</sup>), umidade (70%), MO (10%) e NTK (35 g kg<sup>-1</sup>) similares ao do lodo in natura e, os de COT (140 g kg<sup>-1</sup>) e P (11 g kg<sup>-1</sup>) muito superiores. Foi observado que com o decréscimo do teor de água, os valores de CE do lodo aumentaram consideravelmente. O maior valor de condutividade elétrica do lodo foi obtido no estágio 2, indicando alta concentração de sais dissolvidos no lodo, como K, Na, Ca e Mg. Esse fato foi observado pelo fato de ao se reduzir o teor de água houve aumento das concentrações de sais dissolvidos, e por consequência da CE.

**Tabela 1: Valores médios e desvio padrão das características do lodo de esgoto dos UASB da ETE-UFLA em diferentes estágios.**

Variáveis	Lodo in natura	Lodo após 49 dias de secagem
Umidade (%)	86,30 ± 0,08	54,40 ± 1,39
pH (1:2,5)	6,60 ± 0,03 <sup>(1)</sup>	3,60 ± 0,01
CE (dS m <sup>-1</sup> )	1,66 ± 0,01	8,46 ± 0,02
COT (%)	4,61 ± 0,79	4,92 ± 0,07
MO (g kg <sup>-1</sup> )	7,95 ± 1,36	8,48 ± 0,12
P (g kg <sup>-1</sup> )	2,22 ± 0,93	6,10 ± 0,09
NTK (g kg <sup>-1</sup> )	48,62 ± 1,53	11,72 ± 0,32
ST (g kg <sup>-1</sup> )	176,57 ± 9,29	470,28 ± 8,52
STF (g kg <sup>-1</sup> )	69,14 ± 5,37	179,46 ± 3,95
STV (g kg <sup>-1</sup> )	107,43 ± 4,88	290,82 ± 5,75

<sup>(1)</sup>Para a determinação do pH do lodo *in natura* não foi realizada diluição do lodo.

Ainda se tratando da umidade do lodo, com o seu decréscimo, os teores de P, COT, MO, ST, STF e STV aumentaram, pois, o lodo ficou mais concentrado. Em relação ao NTK, em função da variação das formas encontradas no meio, no qual há variação do potencial de oxirredução, a redução da umidade e consequentemente aeração do meio proporcionou a nitrificação, e a conversão de amônio em nitrato, reduzindo a concentração de NTK no meio. Com a higienização e elevação do pH, o amônio foi convertido em amônia (ANDREOLI, VON SPERLING, FERNANDES, 2014), que é gás, sendo liberada na atmosfera.

Santos et al. (2017), estudando o efeito da secagem em leito nas características físico-químicas e microbiológicas do lodo constatou que as concentrações de COT foram reduzindo gradativamente ao longo dos 90 dias. Isso porque, pelos processos de decomposição aeróbia e anaeróbia da matéria orgânica, parte do carbono é liberado na forma de gás carbônico e metano. Isso não foi observado neste experimento, dessa forma, pode-se considerar que o lodo do UASB já estava totalmente estável, uma vez que não houve redução, mas aumento da concentração de COT ao longo dos dias pela redução da umidade.

As características de fertilidade do lodo e a concentração de substâncias inorgânicas estão apresentados nas Tabelas 2 e 3.

O lodo da ETE-UFLA apresentou níveis semelhantes ao observado por Bonini, Alvez e Montanari (2015), analisando o lodo obtido de uma estação de tratamento de esgoto doméstico, *in natura* quanto ao parâmetro de P. Os valores de Ca, Mg, Cu, Mn e Zn também foram semelhantes. Já os valores de N, K, Fe foram inferiores e o de S superior ao encontrado pelos autores.

Os valores encontrados para os parâmetros de Al e Fe no lodo foram superiores e, os de Cd, Ca, Pb, Cu, Cr, S, Mg, Mn, Ni, Zn, K e Na, inferiores ao observado por Coscione et al. (2014) monitorando aplicação de lodo de esgoto no solo e a composição da solução do solo que recebeu doses por sete anos consecutivos, em uma área experimental de uma fazenda em Campinas/SP. Os valores de Ca (14 g kg<sup>-1</sup>) e Mg (3 g kg<sup>-1</sup>) foram similares; os de K (1 g kg<sup>-1</sup>), S (9 g kg<sup>-1</sup>) e Cu (202 mg kg<sup>-1</sup>) foram superiores; e, os de Mn (387 mg kg<sup>-1</sup>) e Zn (690 mg kg<sup>-1</sup>) inferiores ao encontrado por Moretti, Bertoncini e Junior (2015), realizando ensaio de biodegradação do lodo de esgoto anaeróbio proveniente de tratamento dos esgotos domésticos da ETE-Franca, SABESP.

**Tabela 2: Valores médios dos parâmetros de fertilidade do lodo de esgoto dos reatores UASB da ETE-UFLA.**

Variáveis	Concentração (g kg <sup>-1</sup> de lodo, base seca)
P	4,71
Ca	12,85
S	20,31
Mg	3,31
K	4,98
Mn	0,15

**Tabela 3: Valores médios de sódio, ferro, alumínio e substâncias inorgânicas presentes no lodo de esgoto dos reatores UASB da ETE-UFLA, bem como os valores de referência para uso agrícola.**

Variáveis	Concentração	CMP*
	(mg kg <sup>-1</sup> de lodo, base seca)	(mg kg <sup>-1</sup> de lodo, base seca)
Na	262,1	-
Fe	60.892,0	-
Al	47.986,0	-
Cd	4,7	39,0
Pb	44,2	300,0
Cu	323,0	1.500,0
Cr	508,3	1.000,0
Ni	63,5	420,0
Zn	482,2	2.800,0

\*CMP: Concentração Máxima Permitida no lodo de esgoto, para uso agrícola, segundo estipulado pela Resolução 375/2006.

As concentrações das substâncias inorgânicas no lodo apresentaram-se relativamente baixas (Tabela 3), quando comparadas às concentrações máximas permitidas pela Resolução CONAMA nº 375 (BRASIL, 2006), por exemplo, corroborando com o obtido por Bonini, Alvez e Montanari (2015). A resolução em questão preconiza uma série de exigências para a aplicação agrícola do lodo. Se do material retirado do fundo do UASB, onde foram obtidas as amostras de lodo para secagem, não foram detectadas altas concentrações de elementos traços pode-se assumir que nas camadas superiores essa concentração será ainda menor.

As baixas concentrações de metais pesados no lodo podem ser justificadas pelo tipo de esgoto tratado, basicamente sanitário. O maior risco de contaminação do esgoto poderia ser em função dos laboratórios, mas, devido às políticas adotadas na Universidade, esse tipo de contribuição é mínimo.

Convém destacar que o lodo apresenta composição variável em função das características do esgoto afluente, dos processos utilizados no sistema de tratamento de esgoto e de tratamento e higienização do lodo.

## CONCLUSÕES

As variáveis de fertilidade relevaram um lodo rico em nutrientes e em matéria orgânica, possibilitando aplicações diversas para o material. Para as substâncias inorgânicas avaliadas (Cd, Pb, Cu, Cr, Ni e Zn), o lodo da ETE-UFLA apresenta baixas concentrações, atendendo aos limítrofes propostos pela Resolução CONAMA 375/2006 para uso agrícola do lodo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. (Ed.) Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014. 444 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; v. 6).
2. AREIAS, I. O. R. et al. Incorporação de lodo da estação de tratamento de esgoto (ETE) em cerâmica vermelha. *Cerâmica*, v.63, n.367, p. 343-349, 2017.
3. BARBOSA, G. M. C. et al. Equilíbrio de bases no solo e produção de matéria seca de milho (Zeamays L.) em solos tratados com lodo de esgoto, carbonato de cálcio e cal virgem. *Acta Sci. Agron*, v.29, supl., p. 709-714, 2007.
4. BONINI, C. S. B.; ALVES, M. C.; MONTANARI, R. Lodo de esgoto e adubação mineral na recuperação de atributos químicos de solo degradado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, n.4, p. 388-393, 2015.
5. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução N° 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados. Brasília. Diário Oficial da União, n.167, p. 141-146.
6. BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em: Out. 2018.
7. COSCIONE, A. R. et al. Solução do solo e análise de componentes principais para monitoramento da aplicação de lodo de esgoto. *R. Bras. Ci. Solo*, v.38, n.5, p. 1654-1662, 2014.
8. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes. 2. ed. Brasília, 624 p., 2009.
9. MAIO, M. M. et al. Atributos físicos do solo, adubado com lodo de esgoto e silicato de cálcio e magnésio. *Rev. Ceres*, v.58, n.6, p. 823-830, 2011.
10. MORETTI, S. M. L.; BERTONCINI, E. I.; JUNIOR, C. H. A. Decomposição de lodo de esgoto e composto de lodo de esgoto em NitossoloHáplico. *R. Bras. Ci. Solo*, v.39, n.6, p. 1796-1805, 2015.
11. SAMPAIO, T. F. et al. Lodo de esgoto na recuperação de áreas degradadas: Efeito nas características físicas do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, v.36, n.5, p. 1637-1645, 2012.
12. SANTOS, D. S. et al. Efeito da secagem em leito nas características físico-químicas e microbiológicas de lodo de reator anaeróbio de fluxo ascendente usado no tratamento de esgoto sanitário. *Eng Sanit Ambient*, v.22, n.2, p. 341-349, 2017.